Iranian Food Science and Technology Research Journal
Vol. 18, No. 2, June. July. 2022, p. 367- 382

نشریه پژوهشهای علوم و صنایع غذایی ایران
جلد ۱۸، شماره ۲، خرداد-تیر ۱۴۰۱ ص.۳۸۲-۳۶۷

Homepage: http://ifstrj.um.ac.ir
Full Research Paper

The effect of aqueous extract of white tea on heat resistance of sesame oil prepared by cold pressing

Sedigheh Yazdanpanah[*1], Sara Mohammadi[1], Amir hossein Elhamirad[2]

Received: 2021.06.14
Accepted: 2021.09.20

How to cite this article:
Yazdanpanah, S., Mohammadi, S., Elhamirad, A. H. (2022). The effect of aqueous extract of white tea on heat resistance of sesame oil prepared by cold pressing. *Iranian Food Science and Technology Research Journal*. *18* (2), 367-382.

Abstract

Introduction: White tea is a new ingredient in a wide range of phenolic, antioxidant and antimicrobial compounds. The most important catechins in white tea are epicatechin, epigallocatechin, epicatechin- 3- galate, and epigallocatechin- 3- galate, which are flavonol gallates. The concentration of these phenolic compounds in white tea is higher than green tea. Sesame seed oil, which is produced by cold pressing method, has a great ability to preserve antioxidant compounds. Significant oxidative stability of sesame oil is due to the presence of lignan non-soapy substances. Strong antioxidant compounds in sesame seed oil include sesamol, sesamulin (antioxidant precursor), sesaminol and its isomers. The aim of this study was to investigate the effect of natural antioxidants of sesame oil and white tea on inhibiting the effect of metals on oxidation of sesame oil.

Materials and Methods: In this study, aqueous extract of white tea was extracted and sesame oil was produced using cold press. In the next step, six samples including control sample (sesame oil), sesame oil containing white tea extract, sesame oil containing white tea extract and 0.1 ppm iron, Sesame oil containing white tea extract and 0.1 ppm copper, sesame oil with tea and 0.1 ppm zinc extract and sesame oil containing 100 ppm BHT were prepared. In all samples, aqueous extract of white tea in the amount of 6 mg/ 10 g was added to sesame oil. Total phenol, antioxidant capacity, power reducing on white tea extract and antioxidant power, peroxide number, oxidation stability and fatty acids profile were measured. All experiments were performed in a completely randomized design with three replications and the means were compared with Duncan's test at the level of ($P<0.05$). SAS V 9.1 software was used for statistical analysis of quantitative data.

Results and Discussion: The results showed that the aqueous extract of white tea contained 4.06 (mg gallic acid per gram of sample) total phenol, 6.00 (μg/ ml) antioxidant capacity 0.020 (mg/ g). Ml) is a reducing power. The reducing power of BHT antioxidant was 40 times and the antioxidant power of BHT was 14.85 times more than the aqueous extract of white tea. In the inhibition of free radicals in sesame oil, the aqueous extract of white tea had a significantly greater effect than the control sample. The iron- containing sample had more oxidation than other samples. In the inhibition of free radicals in sesame oil, the aqueous extract of white tea had a significantly greater effect than the control sample. The iron- containing sample had more oxidation than other samples. Rancimat value for samples of control sesame oil, sesame oil with tea and iron extract, sesame oil with tea and copper extract, sesame oil with tea and zinc extract, sesame oil with tea extract and sesame oil with synthetic antuioxidant BHT respectively 8.79 4.80, 9.08, 9.35, 9.42 and 9.61 hours were measured. The highest stability was related to the sample of sesame oil and synthetic antioxidant BHT and the lowest stability was related to the sample of sesame oil with tea and iron extracts. In comparison with the effect of metals on the oxidation of sesame oil, the addition of iron to sesame oil has increased the oxidation rate compared to the two other examined metals (copper and zinc). Rare metals increase the oxidation rate of

---

1. Department of Food Science and Technology, Kazeroun branch, Islamic Azad University, Kazeroun, Iran
2. Department of Food Science and Technology, Sabzevar branch, Islamic Azad University, Sabzevar, Iran
(*Corresponding Author Email: Yazdanpanah2004@gmail.com)
DOI: 10.22067/IFSTRJ.2021.70990.1063

edible oils by increasing the production of free radicals from fatty acids or hydroperoxides. The composition of of fatty acids profile showed that palmitic acid, stearic acid, oleic acid, linoleic acid and linolenic acid were the predominant fatty acids in sesame oil. In the iron- containing sample, with increasing oxidation rate, the amount of linolenic acid decreased compared to other samples. The results of the Se index were confirmatory on the results of oxidative stability index. White tea extract and sesame oil due to their antioxidant and phenolic compounds have been able to inhibit free radicals and metal peroxidants, especially copper and zinc. Sesame oil extracted by cold pressing is not suitable for frying due to its low heat resistance, but it can be used in the formulation of salad dressings.

Keywords: Antioxidant, Metal catalyst, Oxidative stability, Sesame oil

Iranian Food Science and Technology Research Journal
Vol. 18, No. 2, June. July. 2022, p. 367- 382

نشریه پژوهشهای علوم و صنایع غذایی ایران
جلد ۱۸، شماره ۲، خرداد-تیر ۱٤۰۱ ص.۳۸۲-۳٦۷

مقاله علمی-پژوهشی

تاثیر عصاره آبی چای سفید بر مقاومت حرارتی روغن کنجد تولید شده با استفاده از پرس سرد

صدیقه یزدان‌پناه[1]*- سارا محمدی[1]- امیرحسین الهامی‌راد[2]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۳/۲۴
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۶/۲۹

چکیده

چای سفید در بین انواع چای، به‌عنوان یک ترکیب جدید، حاوی دامنه وسیعی از ترکیبات فنلی، آنتی‌اکسیدانی و ضدمیکروبی است. در این مطالعه ابتدا عصاره آبی چای سفید استخراج شد و روغن کنجد با استفاده از پرس سرد تولید گردید. در مرحله بعد، شش نمونه شامل نمونه روغن کنجد (نمونه شاهد)، روغن کنجد حاوی عصاره چای سفید، روغن کنجد حاوی عصاره چای سفید و ۰/۱ پی‌پی‌ام آهن، روغن کنجد حاوی عصاره چای سفید و ۰/۱ پی‌پی‌ام مس، روغن کنجد حاوی عصاره چای سفید و ۰/۱ پی‌پی‌ام روی و روغن کنجد حاوی ۱۰۰ پی‌پی‌ام BHT تهیه شد. بررسی فنل کل و قدرت احیاکنندگی بر روی عصاره چای سفید و قدرت آنتی‌اکسیدانی، عدد پراکسید، پایداری اکسایشی و پروفایل اسیدهای چرب بر نمونه‌های حاوی روغن کنجد انجام شد. نتایج نشان داد که عصاره آبی چای سفید دارای ۴/۰۶ (میلی‌گرم گالیک اسید بر گرم نمونه) فنل کل است. قدرت احیاکنندگی آنتی‌اکسیدان BHT ۴۰ برابر عصاره آبی چای سفید و قدرت آنتی اکسیدان BHT ۱۴/۸۵ برابر، عصاره آبی چای سفید بود. در مهار رادیکال‌های آزاد در روغن کنجد، عصاره آبی چای سفید نسبت به نمونه شاهد به‌صورت معنی داری تاثیر بیشتری داشته است. عصاره چای سفید و روغن کنجد به‌دلیل داشتن ترکیبات آنتی‌اکسیدانی و فنلی قادر به مهار رادیکال‌های آزاد و پراکسیدان‌های فلزی به‌خصوص دو فلز مس و روی بوده‌اند. تاثیر پراکسیدان‌های فلزی بر پروفایل اسیدهای چرب با استفاده از شاخص (Se) پلی-ان (اسیدهای چرب چند غیراشباع/ اسیدهای چرب اشباع) که معیاری از میزان غیراشباعیت است، مورد بررسی قرار گرفت. نمونه‌های حاوی پراکسیدان‌های فلزی شاخص پلی-ان پایین‌تری نسبت به سایر نمونه‌ها نشان دادند و نمونه روغن کنجد به همراه آهن نسبت به سایر نمونه‌ها، اکسیداسیون بیشتر، پایداری اکسایشی کمتر و کاهش بیشتر اسید لینولنیک را داشته است. اسیدهای چرب غالب روغن کنجد شامل پالمیتیک اسید، استئاریک اسید، اولئیک اسید، لینولئیک اسید و لینولنیک اسید بود. نتایج پایداری حرارتی نشان داد که بالاترین پایداری مربوط به دو نمونه روغن کنجد به همراه BHT (۹/۶۱ ساعت) و روغن کنجد به همراه عصاره چای (۹/۴۲ ساعت) و پایین‌ترین پایداری حرارتی در نمونه روغن کنجد به همراه آهن (۴/۸۱ ساعت) بوده است. نتایج شاخص پلی-ان تاییدی بر نتایج رنسیمت بود. روغن کنجد استخراج شده به‌وسیله پرس سرد به‌دلیل مقاومت حرارتی پایین، مصرف سرخ کردنی ندارد ولی برای استفاده در فرمولاسیون سس‌های سالاد می تواند کاربرد داشته باشد.

واژه‌های کلیدی: آنتی‌اکسیدان، پایداری اکسیداتیو، روغن کنجد، کاتالیزور فلزی.

مقدمه

کنجد گیاهی یکساله، با نام علمی *Sesamumindicum* L. و از خانواده Pedaliaceae است. کنجد از قدیمی‌ترین دانه‌های روغنی است که توسط انسان شناخته شده است و به‌عنوان یک منبع غذایی استفاده داشته است. کنجد در سرتاسر جهان در درجه اول به‌دلیل تولید روغن کشت می‌شود، با این حال به‌صورت خام و برشته به‌طور گسترده در محصولات قنادی و نانوایی نیز به‌کار می‌رود. ترکیبات ضداکسیداسیون طبیعی مانند سزامول، سزامین و سزامولین سبب پایداری زیاد روغن کنجد در مقابل فساد در اثر اکسیداسیون می‌باشند، ولی در طی حرارت‌دادن و سرخ‌کردن ترکیبات آنتی‌اکسیدانی با حذف رطوبت تجزیه‌شده و کارآیی‌شان کاهش می‌یابد. روغن کنجد نیاز به زمستانه کردن ندارد یا به صورت مختصر زمستانه می‌شود. روغن کنجد یکی از چند روغن نباتی است که می‌تواند مستقیما و بدون تصفیه‌کردن به مصرف برسد (Kochhar, 2000Naseri, 1996).

اکسیداسیون در مواد غذایی یک روند تخریبی است که باعث از بین رفتن ارزش غذایی و تغییرات نامطلوب شیمیایی در آن می‌شود. چربی‌ها و روغن‌ها بسیار مستعد اکسیداسیون هستند و اکسیداسیون باعث تندشدن آن‌ها می‌شود. همچنین محصولاتی که از اکسیداسیون

۱ -گروه علوم و صنایع غذایی، واحد کازرون، دانشگاه آزاد اسلامی، کازرون، ایران.
۲- گروه علوم و صنایع غذایی، واحد سبزوار، دانشگاه آزاد اسلامی، سبزوار ، ایران.
(*- نویسنده مسئول: Email: Yazdanpanah2004@gmail.com)
DOI: 10.22067/IFSTRJ.2021.70990.1063

چربی‌ها حاصل می‌شوند، می‌توانند اثر منفی بر روی اجزاء دیگر ماده غذایی داشته باشند، به‌طوری که علاوه بر اثرات نامطلوب بر روی خواص حسی مانند عطر و طعم ماده غذایی، باعث از بین‌رفتن ویتامین‌ها و اسیدهای چرب ضروری و همچنین تولید مواد سمی می شوند. عواملی که سرعت اکسیداسیون را بیشتر تحت تاثیر قرار می-دهند درجه غیراشباعیت، مقدار اکسیژن، دما، نور و حضور فلزات مانند آهن و مس می‌باشند. فلزات کمیاب، سرعت اکسیداسیون روغن‌های خوراکی را با افزایش تولید رادیکال‌های آزاد از اسیدهای چرب و یا هیدروپراکسیدها افزایش می‌دهند (Yaser et al., 2012).

اثرات سمی مواد آنتی‌اکسیدان شیمیایی از یک طرف و استقبال مصرف‌کنندگان از افزودنی‌های گیاهی به دلیل سازگاری بیشتر با بدن، نداشتن عوارض جانبی آنتی‌اکسیدان‌های شیمیایی مانند TBHQ و قدرت آنتی‌اکسیدانی مناسب از طرف دیگر باعث میل به استفاده از مواد آنتی‌اکسیدانی طبیعی در مواد غذایی شده است (Golluce et al., 2007).

گیاهان و قسمت‌های مختلف آنها مانند برگ، میوه، دانه، ریشه و پوست از منابع مهم آنتی‌اکسیدان‌ها است که باعث حفاظت سلول‌ها از آسیب‌های اکسیداتیو و کاهش ابتلا به بعضی بیماری‌ها مانند سرطان، بیماریهای قلبی و سکته مغزی است. متابولیت‌های ثانویه گیاهان مانند فنل و فلاونوئید چند عملکردی‌اند و به‌عنوان عوامل احیاکننده، چلاته‌کننده فلزات، و بی‌اثرکننده رادیکال‌های اکسیژن می‌توانند، عمل کنند. این ترکیبات تولید آنزیم‌های آنتی‌اکسیداتیو را تحریک می‌کنند و از تولید آنزیم‌های سیکلوژناز در سیستم‌های بیولوژیکی جلوگیری می‌کنند (Mathew and Abraham, 2006). امروزه تحقیقات در این زمینه رو به افزایش است.

چای از گیاه *Camellia sinensis* (Linn.) برداشت می‌شود. چای سفید، یک ترکیب جدید در بین انواع چای است. برگ‌های این گیاه قبل از باز شدن با کرک‌های سفید رنگ پوشیده شده است، به این علت این نوع چای را چای سفید نام‌گذاری کرده‌اند. چای سفید دارای ترکیبات ضدمیکروبی و ضدسرطانی است. ترکیبات چای سفید شامل پروتئین‌ها، پلی‌ساکاریدها، پلی‌فنل‌ها، مواد معدنی، عناصر کمیاب، آمینواسیدها، آنزیم‌ها، لیگنین و متیل‌گزانتین (کافئین، تئوفیلین و تئوبرومین) است. مهم‌ترین فلاوونوئید موجود در چای فلاوونول یا به‌طور دقیق‌تر کاتچین‌ها می‌باشند که دارای اثرات آنتی اکسیدانی هستند (Vinson et al., 1995).

مطالعات مشابهی در زمینه استفاده از ترکیبات آنتی‌اکسیدانی طبیعی در مواد غذایی و روغن‌ها انجام شده است. Bensmira و همکاران (۲۰۰۷) اثر اسطوخودوس و آویشن را بر مقاومت روغن دانه آفتابگردان در دماهای سرخ‌کردن (۱۵۰، ۱۶۰ و ۱۸۰ درجه سانتی گراد) مورد بررسی قرار دادند و تفاوت‌های معنی‌داری میان نمونه‌های روغن تیمارشده و تیمار نشده ملاحظه شد (Bensmira et al., 2007). آویشن و اسطوخودوس توانایی بالایی را در کاهش مقدار اسیدهای چرب آزاد، عدد پراکسید و ویسکوزیته نشان دادند. به کارگیری اسطوخودوس و آویشن در روغن دانه آفتابگردان باعث افزایش پایداری حرارتی آن شد (Bensmira et al., 2007). Ayadi و همکاران (۲۰۰۹) اثر بعضی از گیاهان معطر مانند رزماری، لیمو، ریحان و آویشن را بر پایداری حرارتی روغن زیتون فوق بکر بررسی کردند. نمونه‌های روغن زیتون در بطری‌های شیشه‌ای قرار گرفته و در دمای ۶۰ و ۱۳۰ درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند. مقاومت به اکسیداسیون روغن با اندازه‌گیری عدد پراکسید، K232 و K270 (شاخص ترکیبات مزدوج دارای سه باند دوگانه و حضور ترکیبات کربونیلی) و تغییر در مقدار کلروفیل، کاروتنوئید و پلی‌فنول‌ها مورد ارزیابی قرار گرفت. افزودن این گیاهان به روغن زیتون باعث افزایش مقاومت حرارتی و پایداری آن شد. میزان اثرگذاری این گیاهان به ترتیب نزولی رزماری>، آویشن>، لیمو> ریحان گزارش شد (Ayadi et al., 2009).

چای سفید سرشار از ترکیبات کاتچین‌ها، ترکیبات آنتی‌اکسیدانی، ترکیبات زیست فعال و کافئین است. کافئین اثر سینرژیستی بر کاتچین‌ها دارد. بنابراین هدف از این پژوهش بررسی قدرت آنتی اکسیدانی و احیاکنندگی عصاره چای سفید و تاثیر عصاره چای سفید بر قدرت آنتی‌اکسیدانی، اکسیداسیون، پایداری اکسایشی و اسیدهای چرب روغن کنجد در حضور عوامل پراکسیدان فلزی متفاوت (آهن، روی و مس) برای ارزیابی تاثیر آنها بر اکسیداسیون در طی کاهش اثرات ترکیبات آنتی‌اکسیدانی است.

مواد و روش‌ها

عصاره‌گیری چای سفید

چای سفید از عطاری محلی شهر شیراز تهیه شد. ابتدا قسمت های مختلف گیاه شامل گل، برگ و ساقه جدا شد، و در سایه و شرایط محیطی (۳۰ –۲۵ درجه سانتی‌گراد) به مدت ۲ روز تا رسیدن به رطوبت ۲ درصد خشک گردید. سپس برگ‌ها در آسیاب (ML-320P، پارس خزر، ایران) پودر شد و در ظروف پلی‌اتیلنی (در دمای فریز ۱۸– درجه سانتی‌گراد) بسته‌بندی و دور از رطوبت نگهداری شد (Nazari et al., 2017). چهار گرم نمونه خشک‌شده با ۴۰ میلی‌لیتر آب جوش در یک ارلن مخلوط شد و سپس، در یک اتوکلاو جوش (۲۵ لیتری، آذین، ایران) به مدت ۱۵ دقیقه در دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد. پس از خارج کردن نمونه‌ها از اتوکلاو، عصاره‌گیری شدند و تفاله جداسازی شد. تفاله به‌دست آمده با ۶۰

میلی‌لیتر آب جوش مخلوط شد و در اتوکلاو (۱۳۰ درجه سانتی‌گراد، ۳۰ دقیقه) قرار گرفت. عصاره مرحله اول با عصاره به‌دست‌آمده از تفاله (هر دو عصاره به‌دلیل اینکه پیش تیماری بر آنها صورت نگرفته بود و از حلال آب برای استخراج آنها استفاده شده بود دارای کیفیت یکسانی بودند) مخلوط شد. لایه‌های نازک از عصاره روی پلیت‌های شیشه‌ای (۴۰ درجه سانتی‌گراد) قرار داده شد تا خشک شود و به وزن ثابت برسد (Mai et al., 1990).

فنل کل

میزان کل ترکیبات فنلی با روش فولین سیوکالتو اندازه‌گیری شد و نتایج بر حسب میلی‌گرم اسید گالیک در گرم عصاره بیان شد. ۲۰ میکرولیتر از محلول عصاره (۱۰ میلی‌گرم بر میلی‌لیتر)، عصاره فنلی قبل از تغلیظ و خشک شدن با ۱/۱۶۰ میلی‌لیتر آب مقطر و ۱۰۰ میکرولیتر معرف فولین سیوکالتو مخلوط شد. بعد از گذشت ۱ تا ۸ دقیقه ۳۰۰ میکرولیتر محلول کربنات سدیم ۲۰ درصد به آن‌ها افزوده شد. لوله‌های آزمایش بعد از تکان‌دادن، درون حمام آب با دمای ۴۰ درجه سانتی‌گراد قرارگرفت و پس از گذشت ۳۰ دقیقه جذب آن‌ها با دستگاه اسپکتروفتومتر (Shimadzu- UV-1700، ژاپن) در طول موج ۷۶۰ نانومتر خوانده شد. محلول پایه‌ای از اسید گالیک با غلظت ۱۰۰ میکروگرم بر میلی‌لیتر تهیه گردید. از محلول پایه غلظت‌های ۱۰، ۲۰، ۳۰، ۴۰، ۵۰، ۶۰، ۷۰، ۸۰، ۹۰ و ۱۰۰ میکروگرم بر میلی‌لیتر آماده سازی شد. طبق مراحلی که برای نمونه توضیح داده شد، مقدار جذب نمونه‌های اسید گالیگ خوانده شد. منحنی استاندارد اسید گالیک رسم شد. معادله خطی مربوط به منحنی استاندارد تعیین گردید و با قرار دادن مقدار جذب عصاره در آن فنل کل عصاره برحسب معادل میلی‌گرم اسید گالیک بر گرم عصاره محاسبه شد (Solimanian et al, 2015).

قدرت احیاکنندگی

محلول‌هایی با غلظت‌های مختلف ۲۰۰ تا ۸۰۰ میکروگرم در میلی‌لیتر در آب از عصاره و آنتی‌اکسیدان سنتزی BHT تهیه شد. ۱ میلی‌لیتر از محلول عصاره یا آنتی‌اکسیدان سنتزی با ۲/۵ میلی‌لیتر بافر فسفات pH= ۶/۶ و مولاریته ۰/۲ و ۲/۵ میلی‌لیتر پتاسیم فری‌سیانید (۱۰ گرم در لیتر) مخلوط و به مدت ۳۰ دقیقه در حمام آب با دمای ۵۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفت. سپس ۲/۵ میلی‌لیتر تری‌کلرواستیک اسید (۱۰٪ وزنی: حجمی) به نمونه‌ها به‌عنوان متوقف کننده واکنش اضافه شد و نمونه‌ها به مدت ۱۰ دقیقه با سرعت g ۳۰۰۰ سانتریفوژ شدند. از محلول فوقانی پس از سانتریفوژ ۲/۵ میلی‌لیتر به دقت برداشته شد و پس از افزودن ۲/۵ میلی‌لیتر آب مقطر و ۰/۵ میلی‌لیتر کلرید آهن III (۱ گرم در لیتر) جذب نمونه‌ها در طول موج ۷۰۰ نانومتر خوانده شد. افزایش جذب در مخلوط واکنش نشان‌دهنده افزایش قدرت احیاکنندگی (آنتی‌اکسیدانی) است (Kumar et al., 2011).

بررسی ویژگی‌های نمونه‌های روغن کنجد

نمونه‌های این پژوهش پس از افزودن فلزات و عصاره به روغن با کمک همزن مغناطیسی به خوبی مخلوط شد (جدول ۱) و جهت آزمون‌ها، آماده‌سازی شد. نمک آلی مس (4-Cyclohexyl butyric acidt capper salt)، نمک آلی آهن ($FeCl_2$) و نمک آلی روی ($ZnCl_2$) به‌عنوان عامل فلزی از شرکت Sigma Aldrich تهیه شد.

جدول ۱- تیمارهای مورد مطالعه

Table 1- The studied treatments

Sample Code کد نمونه	Treatments تیمارها
r	Sesame oil (control sample) روغن کنجد (نمونه شاهد)
ro	Sesame oil contains white tea extract (with a concentration of 6 mg per 10 g) روغن کنجد حاوی عصاره چای سفید (با غلظت ٦ میلی‌گرم بر ۱۰ گرم)
rozn	Sesame oil contains zinc (0.1 ppm) and white tea extract (at a concentration of 6 mg per 10 g) روغن کنجد حاوی روی (۰/۱ پی‌پی‌ام) و عصاره چای سفید (با غلظت ٦ میلی‌گرم بر ۱۰ گرم)
rofe	Sesame oil contains iron (0.1 ppm) and white tea extract (at a concentration of 6 mg per 10 g) روغن کنجد حاوی آهن (۰/۱ پی‌پی‌ام) و عصاره چای سفید (با غلظت ٦ میلی‌گرم بر ۱۰ گرم)
rocu	Sesame oil contains copper (0.1 ppm) and white tea extract (at a concentration of 6 mg per 10 g) روغن کنجد حاوی مس (۰/۱ پی‌پی‌ام) و عصاره چای سفید (با غلظت ٦ میلی‌گرم بر ۱۰ گرم)
rbht	Sesame oil contains 100 mg per liter of BHT روغن کنجد حاوی ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر BHT

اندازه‌گیری عدد پراکسید

برای اندازه‌گیری عدد پراکسید حدود ۳ گرم از روغن در ارلن مایر به دقت وزن گردید. سپس ۳۰ میلی‌لیتر مخلوط اسید استیک و کلروفرم به آن افزوده شد و کاملا حل گردید. در مرحله بعد ۰/۵ میلی لیتر محلول اشباع شده یدور پتاسیم به آن اضافه گردید و به مدت یک دقیقه در تاریکی قرار داده شد. پس از این مدت ۳۰ میلی‌لیتر آب مقطر اضافه و محلول با تیوسولفات سدیم ۰/۰۰۱ نرمال در حضور معرف نشاسته تیتر و مقدار عدد پراکسید با استفاده از فرمول زیر محاسبه گردید (Mimica- Dukic et al., 2003).

(۱) ۱۰۰× (وزن مونه (گرم)/ ۰/۰۰۱×مقدار تیوسولفات مصرفی (میلی‌لیتر)) =عدد پراکسید

فعالیت آنتی‌اکسیدانی (مهار رادیکال آزاد)

برای ارزیابی ویژگی‌های آنتی‌اکسیدانی (مهار رادیکال آزاد) ۰/۵ میلی‌لیتر از هر نمونه، با ۱/۵ میلی‌لیتر محلول DPPH متانولی DPPH نیز در غلظت ۴-۱۰× ۲ مولار در لوله آزمایش مخلوط و با همزن به خوبی یکنواخت شد. نمونه‌های آماده شده به مدت ۱ ساعت در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد و در محیط تاریک نگهداری شدند. پس از گذشت ۱ ساعت، جذب نمونه‌ها با استفاده از اسپکتروفتومتر (Shimadzu- UV-1700، ژاپن) در طول موج ۵۱۷ نانومتر اندازه‌گیری شد. در نهایت با استفاده از فرمول زیر، درصد بازدارندگی محاسبه گردید (Mimica- Dukic et al., 2003). به‌منظور ارزیابی بهتر توانایی مهارکنندگی نمونه از شاخص IC50 استفاده شد. این شاخص بیانگر غلظتی از نمونه است که قادر به مهارکردن ۵۰ درصد رادیکال آزاد اولیه است.

(۲) ۱۰۰ ×(جذب شاهد /جذب نمونه –جذب شاهد) =بازدارندگی (درصد)

آزمون رنسیمت

این آزمون با دستگاه رنسیمت (Metrohm، مدل ۷۴۳) انجام گردید. مقدار ۲/۵ تا ۳ گرم نمونه از مرکز نمونه همگن و یکنواخت شده با استفاده از یک پی‌پت با دقت برداشته شد و درون لوله واکنش ریخته شد. با استفاده از پی‌پت مدرج به میزان ۶۰ میلی‌لیتر آب مقطر دو بار تقطیر شده (آب رنسیمت) در لوله اندازه‌گیری ریخته شد و لوله های اندازه‌گیری در محل‌های مشخص در دستگاه قرار داده شدند. جریان هوایی معادل ۲۰ لیتر هوا بر ساعت برای هر لوله واکنش در دستگاه در نظر گرفته شد و درجه حرات دستگاه برای هر نمونه روغن سه مرتبه جداگانه بر روی دمای ۱۱۰ درجه سانتی‌گراد ثابت شد، بعد از گرم‌شدن دستگاه و رسیدن به دمای تنظیم شده، لوله‌های واکنش در محل مشخص در دستگاه قرار داده شد. بعد از گذشت مدت زمانی که متناسب با نوع نمونه مورد آزمایش است، نتایج پایداری اکسایشی به‌طور خودکار بر حسب دوره القایی گزارش گردید (Farhoosh and Hoseini, 2014).

شناسایی پروفایل اسیدهای چرب

آماده‌سازی متیل‌استر اسیدهای چرب طبق روش ISO به شماره ۵۵۰۹ انجام شد. مقدار ۴ گرم از روغن خشک و شفاف داخل بالن سرسمباده توزین و ۴۰ میلی‌لیتر متانول و ۰/۵میلی‌لیتر محلول هیدروکسید پتاسیم متانولی را به آن افزوده و مدت ۳ دقیقه هوای داخل بالن به‌وسیله گاز ازت خارج و تا نقطه جوش حرارت داده شد تا محلول کاملا شفاف گردید. مدت زمان لازم برای استریفیه شدن ۱۰ دقیقه در نظر گرفته شد. پس از پایان واکنش بالن زیر آب سرد خنک شد و محتویات آن به قیف جداکننده منتقل شد. بالن با ۲۰ میلی‌لیتر هپتان شستشو و به قیف جداکننده اضافه گردید. سپس، ۴۰ میلی‌لیتر آب مقطر اضافه کرده و پس از همزدن اجازه داده شد که دو فاز از هم جدا گردد. محتویات قیف جداکننده مجددا با ۲۰ میلی‌لیتر آب مقطر شستشو داده شد. فاز محتوی حلال از سولفات سدیم خشک، فیلتر شد. متیل‌استر تهیه شده آماده جهت تزریق به دستگاه گاز کروماتوگرافی آماده شد (ISO, 1978).

برای اندازه‌گیری پروفایل اسیدهای چرب، از دستگاه گاز کروماتوگرافی مدل BPX 70 ساخت شرکت SGE استرالیا، مجهز به ستون با طول ۳۰ متر و قطر ۰/۲۵ میکرومتر و ضخامت ۰/۲۵ میکرومتر و شناساگر FID 1075 system استفاده شد. ابتدا ۲۰۰ میلی‌گرم از نمونه روغن با ۱۰ میلی‌لیتر از محلول ۵ درصد استیل کلراید در متانول مخلوط و به مدت یک ساعت در آون ۸۵ درجه سانتی‌گراد قرار داده، سپس ۵ میلی‌لیتر آب مقطر به آن اضافه و به مدت ۵ دقیقه کامل مخلوط گردید و در ادامه، ۱ میلی‌لیتر هگزان به آن اضافه و به مدت ۵ دقیقه به‌طورکامل مخلوط شد. سپس، ۱ میلی لیتر هگزان به آن اضافه و بعد به مدت ۵ دقیقه در ۲۵ درجه سانتی-گراد و ۴۰۰۰ g سانتریفوژ (ALC- 4232، آمریکا) شد. دمای دستگاه در طول فرایند به‌صورت ثابت ۱۹۸ درجه سانتی‌گراد بود. سرعت جریان گاز حامل (هلیوم) ۱ میلی‌لیتر در دقیقه و روش تزریق به GCبه صورت Split بود (Sjovall et al., 2000).

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها

کلیه آزمایش‌ها در قالب طرح کاملا تصادفی و در سه تکرار انجام گرفته و مقایسه میانگین‌ها با آزمون دانکن در سطح ۵ درصد انجام

گرفت. در بررسی پروفایل اسیدهای چرب مقایسه میانگین‌ها با آزمون دانکن در سطح ۱ درصد انجام گرفت. رسم منحنی‌ها با نرم‌افزار Excel انجام شد. برای تجزیه و تحلیل آماری داده‌های کمی از نرم افزار SAS V 9.1 استفاده شد.

نتایج و بحث

فنل کل

در جدول ۲ میزان فنل کل و میزان ظرفیت آنتی‌اکسیدانی عصاره چای سفید در مقایسه با آنتی‌اکسیدان سنتزی BHT نشان داده شده است. میزان فنل کل ۴/۰۶ میلی‌گرم گالیک اسید بر گرم نمونه در عصاره چای سفید اندازه‌گیری شد. Rohadi و همکاران (۲۰۱۹) برای تعیین ترکیبات فنلی چای سفید از حلال‌های مختلف ان–هگزان، اتیل‌استات و اتانول استفاده کردند و میزان ترکیبات فنلی را به‌ترتیب ۲۲/۴، ۵۷/۵۴ و ۵۹/۳۲ درصد گزارش دادند (Rohadi et al., 2019). Widyasanti و همکاران (۲۰۱۶) از حلال آب برای اندازه-گیری ترکیبات فنلی چای سفید در دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۰ دقیقه استفاده کردند و میزان ترکیبات فنلی را ۰/۲۵± ۱۸/۵۶ (گرم اسید گالیک / ۱۰۰) گزارش دادند (Widyasanti et al., 2016). Shariatifar و همکاران (۲۰۱۲) در بررسی کمی و کیفی ترکیبات فنلی و فعالیت آنتی‌اکسیدانی گیاه علف هیضه، میزان ترکیبات فنلی تام عصاره های آبی، اتانولی و متـانولی را به‌ترتیب ۲۷/۲، ۲۶ و ۲۵/۹۱ میلی‌گرم گالیـک اسـید بـر گـرم نمونـه گزارش کرده‌اند (Shariatifar et al., 2012). در پژوهش حاضر نسبت به پژوهش‌های عنوان شده میزان فنل کل کمتری گزارش شده است.

قدرت احیاکنندگی

میزان قدرت احیاکنندگی عصاره چای سفید ۰/۰۲۰ (میلی‌گرم بر میلی‌لیتر عصاره) و BHT برابر با ۰/۸۰۳ (میلی‌گرم بر میلی‌لیتر عصاره) اندازه‌گیری شد. این نتایج نشان می‌دهد قدرت احیاکنندگی آنتی‌اکسیدان سنتزی ۴۰ برابر بیشتر از عصاره چای سفید است. قدرت آنتی‌اکسیدان سنتزی ۱۴/۸۵ برابر بیشتر از عصاره چای سفید است که تفاوت معنی‌داری در سطح ۵ درصد نشان دادند. آزمون قدرت احیاکنندگی روشی است که به‌صورت مستقیم آنتی‌اکسیدان‌ها و احیاکننده‌ها را در نمونه‌ها اندازه‌گیری می‌کند و رابطه خطی با غلظت آنتی‌اکسیدان‌ها دارد (Rohadi et al., 2019). با افزایش مقدار ترکیبات فنلی در عصاره، قدرت احیاکنندگی به‌واسطه اهدای تعداد بیشتری الکترون و یا اتم‌های هیدروژن افزایش می‌یابد و واکنش‌های زنجیری اکسیداسیون متوقف ویا به تاخیر می‌افتد. Mirzaei و همکاران (۲۰۱۱) توان احیاکنندگی عصاره‌های هیدروالکلی خاکشی (۰/۰۵ ±۰/۴۴)، بارهنگ (۰/۲ ±۱/۲۶)، زنیان (۰/۰۲ ±۰/۴۸)، گشنیز (۰/۰۵ ±۰/۳۱) و شنبلیله (۰/۰۵ ±۰/۴۵) را بر حسب میکرو مول آهن در میلی‌گرم وزن خشک عصاره تعیین کردند (Mirzaei et al., 2011). در پژوهش حاضر نسبت به پژوهش عنوان شده میزان توان احیاکنندگی کمتری گزارش شده است.

جدول ۲- میزان فنل کل، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی و قدرت احیاکنندگی عصاره چای سفید

Table 2- Total phenol content, antioxidant capacity and regenerative power of white tea extract

White tea extract عصاره چای سفید	BHT	Test آزمون
4.06± 0.113	-	Total phenol (equivalent to mg of gallic acid per gram of extract) فنول کل (معادل میلی‌گرم اسیدگالیک بر گرم عصاره)
0.020± 0.002[B]	0.803± 0.015[A]	Regenerative power قدرت احیاکنندگی

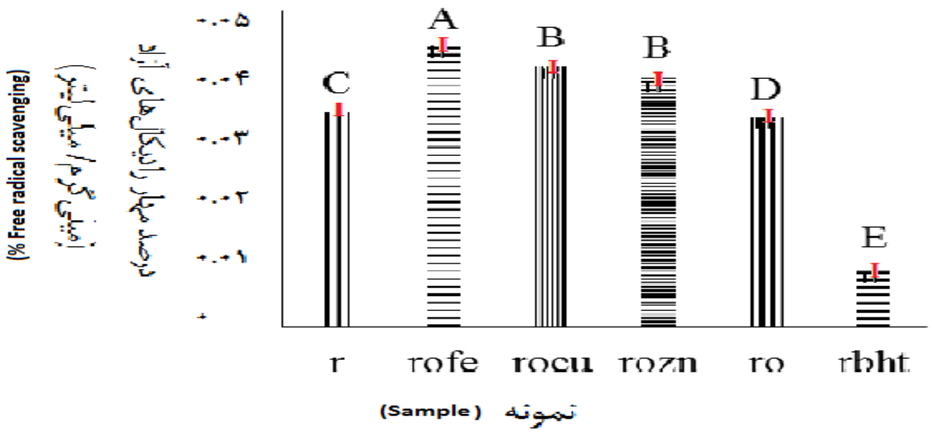
حروف متفاوت، تفاوت معنی‌داری در سطح ۵٪ در ردیف را نشان می‌دهد.

Different letters show a significant difference at the 5% level in the row.

فعالیت آنتی‌اکسیدانی (مهار رادیکال آزاد)

IC50، غلظت مورد نیاز عصاره برای مهار ۵۰ درصد رادیکال‌های آزاد می‌باشد و پارامتر مهمی برای مقایسه اثر آنتی‌اکسیدانی عصاره های مختلف است. هرچه خاصیت ضداکسایشی ماده‌ای بیشتر باشد، غلظت مورد نیاز آن برای مهار ۵۰ درصد از رادیکال‌های آزاد کمتر است. فعالیت آنتی‌اکسیدانی عصاره‌های مختلف ناشی از توانایی آن‌ها در دادن اتم هیدروژن یا الکترون برای مهار رادیکال‌های آزاد است (Burits and Bucar, 2000). میزان عدد IC50 (شکل ۱) نمونه روغن کنجد (شاهد)، روغن کنجد به همراه عصاره چای و آهن، روغن کنجد به همراه عصاره چای و مس، روغن کنجد به همراه عصاره چای و روی، روغن کنجد به همراه عصاره چای و روغن کنجد به همراه آنتی‌اکسیدان سنتزی BHT به‌ترتیب ۰/۰۳۴، ۰/۰۴۴، ۰/۰۴۱،

۰/۰۳۹، ۰/۰۳۲ و ۰/۰۰۹ میلی‌گرم بر میلی‌لیتر اندازه‌گیری شد. بیشترین فعالیت آنتی‌اکسیدانی به‌صورت معنی‌دار در سطح ۵ درصد مربوط به روغن کنجد به همراه آنتی‌اکسیدان سنتزی BHT است، بنابراین اضافه کردن ترکیب آنتی‌اکسیدانی به روغن کنجد باعث افزایش پایداری آن می‌شود و کمترین مقدار فعالیت آنتی‌اکسیدانی مربوط به روغن کنجد به همراه عصاره چای و آهن است. نتایج نشان می‌دهد افزودن آهن باعث افزایش سرعت اکسیداسیون شده است و عدد IC50 را به‌صورت معنی‌دار در سطح ۵ درصد افزایش داده است و خاصیت آنتی‌اکسیدانی در نمونه روغن کنجد به همراه عصاره چای و آهن را نسبت به سایر نمونه‌ها کاهش داده است. نمونه‌های حاوی پراکسیدان‌های فلزی نسبت به نمونه شاهد و نمونه روغن کنجد به همراه عصاره چای فعالیت آنتی‌اکسیدانی را بسیار کاهش داده‌اند. نمونه دارای عصاره آبی چای سفید نسبت به نمونه دارای BHT ضعیف‌تر عمل کرده است. عصاره‌های آبی به علت محتوای پایین ترکیبات فنولی، خاصیت ضداکسایشی کم‌تری را نسبت به دیگر عصاره‌ها (اتانولی و متانولی) دارند (Wanasundara and Shahidi, 2005). میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی عصاره در نمونه حاوی روغن به میزان ترکیبات ضداکسایشی موجود در آن به‌خصوص ترکیبات فنلی بستگی دارد و هرچه میزان این ترکیبات بیشتر باشد فعالیت آنتی-اکسیدانی بالاتر خواهد بود. برای مثال بالا بودن میزان فعالیت آنتی-اکسیدانی انواع گونه‌های پونه کوهی به علت بالا بودن میزان کارواکرول و تیمول در آن‌ها است (Ghasemi Pirbalouti et al., 2013). Hajiaghaalipour و همکاران (۲۰۱۵) برای بررسی مهار رادیکال آزاد DPPH، IC50 (میکروگرم/ میلی‌لیتر) چای سفید از آب داغ استفاده کردند و بالاترین قدرت و فعالیت را نسبت به چای سبز و چای سیاه برای چای سفید (۴/۹± ۹۹/۹ درصد) گزارش کردند (Hajiaghaalipour et al., 2015). Shariatifar و همکاران (۲۰۱۲) در بررسی کمی و کیفی ترکیبات فنلی و فعالیت آنتی-اکسیدانی گیاه علف هیضه، غلظت مهار ۵۰ درصد (IC50) عصاره اتری را ۰/۲± ۹/۹ گزارش کرده‌اند (Shariatifar et al., 2012). در پژوهش حاضر نسبت به پژوهش‌های عنوان شده میزان مهارکنندگی کمتری گزارش شده است.



شکل ۱- فعالیت آنتی اکسیدانی نمونه‌های روغن کنجد حاوی عصاره چای و پراکسیدان‌های فلزی آهن، مس و روی

Fig. 1. Antioxidant activity of sesame oil samples containing tea extract and metal peroxidants of iron, copper and zinc

حروف متفاوت، تفاوت معنی‌داری در سطح ۵٪ را نشان می‌دهد. آزمون در سه تکرار انجام شده است (r: نمونه روغن کنجد (شاهد)، rofe: روغن کنجد به همراه عصاره چای و آهن، rocu: روغن کنجد به همراه عصاره چای و مس، rozn: روغن کنجد به همراه عصاره چای و روی، ro: روغن کنجد به همراه عصاره چای، rBHT: روغن کنجد به همراه BHT).

Different letters show a significant difference at the 5% level. The test was performed in three replications (r: sesame oil sample (control), rofe: sesame oil with tea and iron extract, rocu: sesame oil with tea and copper extract, rozn: sesame oil with tea and zinc extract, ro: sesame oil with tea extract, rBHT: sesame oil with BHT).

عدد پراکسید نمونه‌های روغن کنجد حاوی عصاره چای و پراکسیدان‌های فلزی آهن، مس و روی

عدد پراکسید یکی از پارامترهای اندازه‌گیری فساد روغن، برای تضمین پایداری اکسیداتیو روغن است و میزان کل هیدروپراکسیدها که از ترکیبات اولیه فرایند اکسیداسیون روغن‌ها است را نشان می دهد. شکل ۲ عدد پراکسید نمونه‌های روغن کنجد را نشان می‌دهد.

میزان عدد پراکسید نمونه‌های روغن کنجد در روز اول تولید ۰/۳۵ میلی‌اکی‌والان اکسیژن بر کیلوگرم روغن اندازه‌گیری شد. میزان عدد پراکسید نمونه روغن کنجد شاهد، روغن کنجد به همراه عصاره چای و آهن، روغن کنجد به همراه عصاره چای و مس، روغن کنجد به همراه عصاره چای و روی، روغن کنجد به همراه عصاره چای و روغن کنجد به همراه آنتی‌اکسیدان سنتزی BHT بعد از ۷ روز

نگهداری در دمای محیط به‌ترتیب ۲/۱۳، ۲/۵۱، ۲/۳۹، ۲/۳۴، ۲/۰۱ و ۱/۴۳ میلی‌اکی‌والان اکسیژ بر کیلوگرم روغن اندازه‌گیری شد. افزودن فلزات به روغن کنجد حاوی عصاره چای سفید به‌خصوص آهن نسبت به فلزات مس و روی باعث افزایش سرعت اکسیداسیون روغن و عدد پراکسید به‌صورت معنی‌دار در سطح ۵ درصد نسبت به سایر نمونه‌ها شده است. نمونه روغن کنجد حاوی عصاره چای نسبت به نمونه شاهد باعث کاهش اکسیداسیون شده است. در مقایسه نمونه‌ها بیشترین جلوگیری از اکسیداسیون را نمونه حاوی BHT به صورت معنی‌دار در سطح ۵ درصد نشان داده است.

عواملی که سرعت اکسیداسیون را بیشتر تحت تاثیر قرار می‌دهند شامل درجه غیراشباعیت، مقدار اکسیژن، دما، نور و حضور فلزات به طور عمده انتقال فلزات مانند آهن و مس هستند (Yaşar et al., 2012). فلزات کاتالیزورهای بسیار قوی در واکنش‌های اکسیداسیون می‌باشند، سرعت اکسیداسیون روغن‌های خوراکی را با افزایش تولید رادیکال‌های آزاد از اسیدهای چرب و یا هیدرو پراکسیدها افزایش می‌دهند (Yaşar et al., 2012).

رادیکال‌های آزاد توسط آنتی‌اکسیدان‌ها با دو مکانیسم اصلی غیرفعال می‌شود. اولین مکانیسم، روش وابسته به انتقال هیدروژن است که در آن ماده آنتی‌اکسیدان با انتقال اتم هیدروژن به رادیکال آزاد باعث غیرفعال شدن آن در محیط می‌شود (رابطه ۱).

$$X^{0} + AH \longrightarrow XH + A^{0} \quad (۱)$$

مکانیسم دوم، روش وابسته با انتقال تک الکترون است. در این روش آنتی‌اکسیدان با انتقال تک الکترون به رادیکال آزاد، فلزات و یا گروه‌های کربونیل در محیط واکنش، عملکرد خود را انجام می دهد (رابطه ۲ تا ۵). عوامل چلاته کننده با فلزات پیوند می‌دهند و به-عنوان آنتی‌اکسیدان ثانویه عمل می‌کنند (Huang et al., 2005).

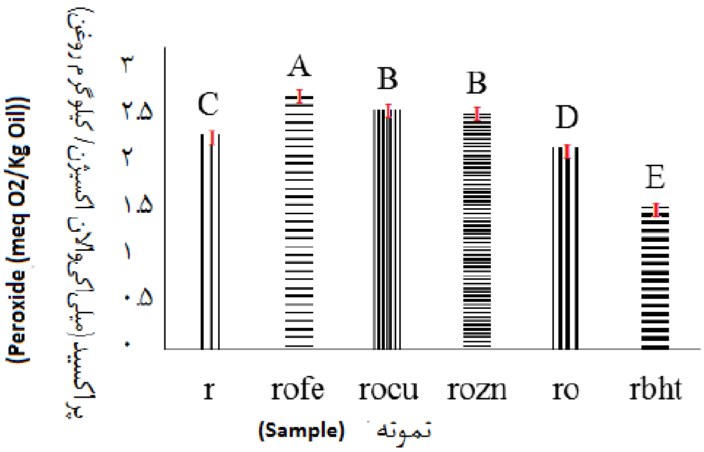
$$X^{0} + AH \longrightarrow X^{-} + AH^{+} \quad (۲)$$

$$AH^{0} + +H_2O \longrightarrow A0 + H_3O^{+} \quad (۳)$$

$$X^{-} + H3O^{+} \longrightarrow XH + H_2O \quad (۴)$$

$$M(III) + AH \longrightarrow AH^{+} + M(II) \quad (۵)$$

X^{0}= رادیکل آزاد، AH= آنتی‌اکسیدان، M=فلز.



شکل ۲- عدد پراکسید نمونه‌های روغن کنجد حاوی عصاره چای و پراکسیدان‌های فلزی آهن، مس و روی بعد از ۷ روز نگهداری در دمای محیط

Fig. 2. Peroxide number of sesame oil samples containing tea extract and metal peroxidants of iron, copper and zinc after 7 days of storage at room temperature

حروف متفاوت، تفاوت معنی‌داری در سطح ۵٪ را نشان می‌دهد. آزمون در سه تکرار انجام شده است (r: نمونه روغن کنجد (شاهد)، rofe: روغن کنجد به همراه عصاره چای و آهن، rocu: روغن کنجد به همراه عصاره چای و مس، rozn: روغن کنجد به همراه عصاره چای و روی، ro: روغن کنجد به همراه عصاره چای، rBHT: روغن کنجد به همراه BHT).

Different letters show a significant difference at the 5% level. The test was performed in three replications (r: sesame oil sample (control), rofe: sesame oil with tea and iron extract, rocu: sesame oil with tea and copper extract, rozn: sesame oil with tea and zinc extract, ro: sesame oil with tea extract, rBHT: sesame oil with BHT).

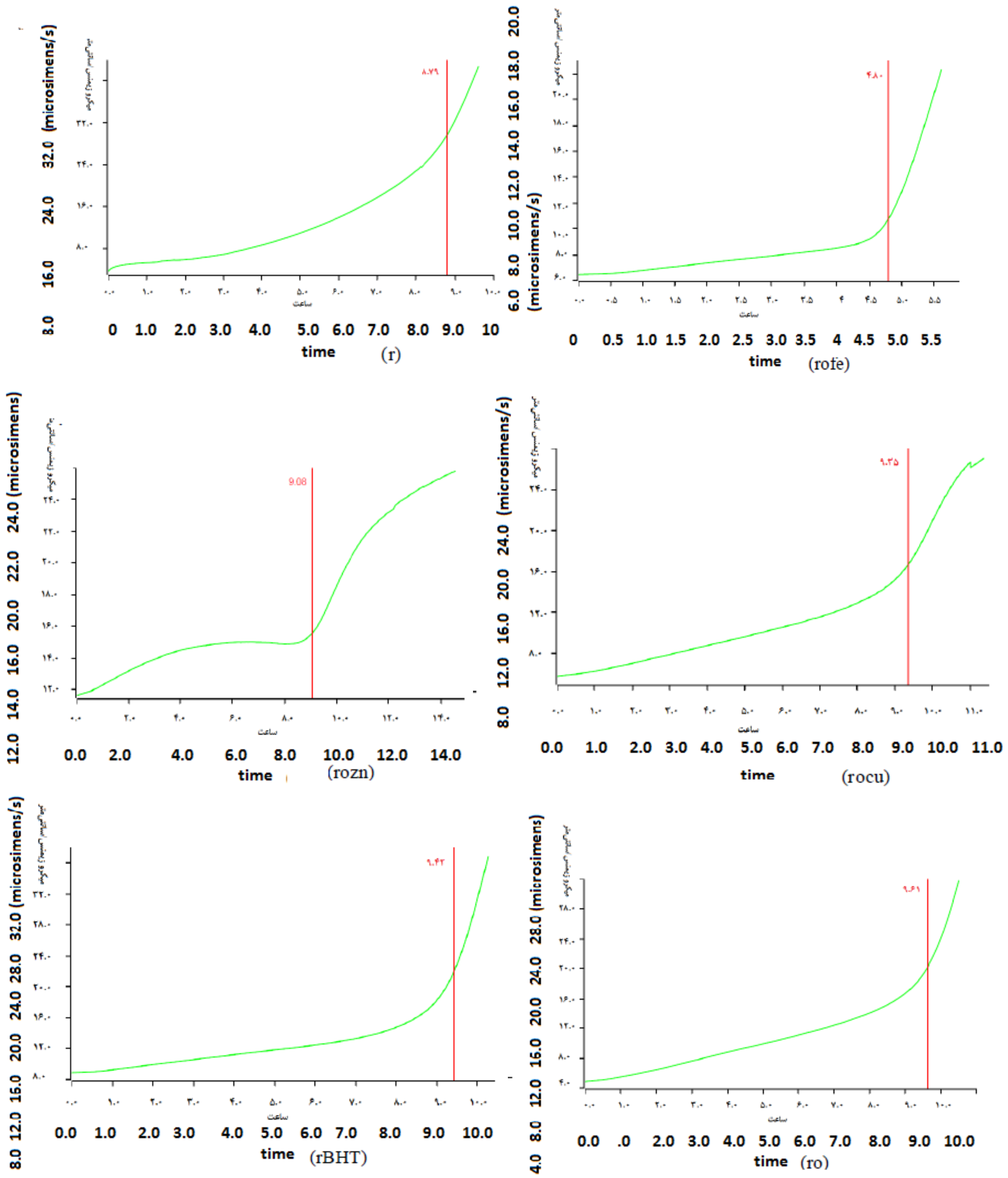
اسیدهای چرب اشباع نشده موجود در روغن می‌تواند پیوندهای دوگانه و اکسیژن را جذب کرده و پراکسید تولید کنند. این پراکسید به شدت فعال هستند و قادر است ید موجود در یدید پتاسیم را آزاد کند، مقدار ید آزاد شده را می‌توان با تیوسولفات سدیم اندازه‌گیری کرد

(AOCS, 2009). Noël و همکاران (۲۰۱۶) به بررسی ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی دو نوع روغن کنجد پرداختند. نتایج این تحقیق نشان داد میزان عدد پراکسید در نمونه روغن سفید و روغن قهوه‌ای به‌ترتیب ۱/۳۱ و ۱/۸۳ میلی‌اکی‌والان اکسیژن بر کیلوگرم روغن است (Noël et al., 2016). Ukaan و Ogbonna (۲۰۱۳) بر روی ترکیبات شیمیایی ۱۳ دانه کنجد محلی کشور نیجریه و خصوصیات کیفی روغنهای آنها مطالعه کردند. از نظر میزان روغن، رطوبت، پروتئین وسایر موارد با هم تفاوت داشتند. عدد پراکسید آنها در محدوده ۱–۷/۶ میلی‌اکی والان در گرم روغن اندازه‌گیری شد که تقریبا تمامی آنها در گستره استاندارد کدکس (۵ میلی‌اکی والان در کیلوگرم روغن) قرار داشتند (Ukaan and Ogbonna; 2013). Gouveia و همکاران (۲۰۱۷) گزارش کردند که اندیس پراکسید روغن کنجد خام ۸/۹۹ میلی‌اکی‌والان در کیلوگرم روغن می‌باشد (Gouveia et al., 2017). میزان اعداد پراکسید گزارش شده در پژوهش حاضر نیز در محدوده استاندارد کدکس (Codex, 2005) و ایران (۵ میلی‌اکی‌والان در کیلوگرم روغن (INSO, 13392) قرار دارد و مشابه پژوهش‌های عنوان شده است.

زمان پایداری اکسایشی (آزمون رنسیمت) نمونه‌های روغن کنجد حاوی عصاره چای و پراکسیدان‌های فلزی آهن، مس و روی

شکل ۳ پروفایل رنسیمت (زمان پایداری اکسایشی) نمونه‌های روغن کنجد حاوی عصاره چای سفید و فلزات آهن، مس و روی را نشان می‌دهد. در روش رنسیمت تغییر در مقاومت اکسایشی روغن‌ها، تعیین پایداری روغن و مقایسه درجه تخریب روغن‌ها در طی حرارت‌دهی قابل اندازه‌گیری است. نقطه عطف منحنی اکسیداسیون به‌عنوان دوره القاء و طول این نقطه به‌عنوان پایداری اکسیداتیو روغن تعیین می‌شود (Abdel-Razek et al., 2011). عدد رنسیمت نمونه روغن کنجد شاهد، روغن کنجد به همراه عصاره چای و آهن، روغن کنجد به همراه عصاره چای و مس، روغن کنجد به همراه عصاره چای و روی، روغن کنجد به همراه عصاره چای و روغن کنجد به همراه آنتی‌اکسیدان سنتزی BHT به‌ترتیب ۸/۷۹، ۴/۸۰، ۹/۰۸، ۹/۳۵، ۹/۴۲ و ۹/۶۱ ساعت اندازه‌گیری شد. بیشترین پایداری مربوط به نمونه روغن کنجد و آنتی‌اکسیدان سنتزی BHT و کم‌ترین پایداری مربوط به نمونه روغن کنجد به همراه عصاره چای و آهن است. در مقایسه اثرگذاری فلزات بر اکسایش روغن کنجد، افزودن آهن به روغن کنجد باعث افزایش سرعت اکسیداسیون نسبت به دو فلز مس و روی شده است و به‌صورت معنی‌دار در سطح ۵ درصد میزان عدد رنسیمت را به شدت کاهش داده است. طبق استاندارد ملی ایران شماره ۵۹۵۰ حداقل مقدار پایداری رنسیمت در دمای۱۱۰ درجه سانتی‌گراد ۱۲ساعت می‌باشد (ISIRI, 5950). Farmani و همکاران (۲۰۱۹) در مطالعه خود بر نمونه‌های روغن کنجد تهیه‌شده با پرس سرد در منطقه مازندران، پایداری اکسایشی را در محدوده ۵/۹ –۱۰/۲ ساعت گزارش کردند و بیان کردند که روغن‌های استخراجی برای پخت‌وپز و سرخ کردن غیرمطلوب می باشند (Farmani et al., 2019). پایداری اکسیداتیو روغن‌های کنجد تهیه شده در کارخانه ۱۷/۱۷ ساعت است که مناسب مصرف خانگی و حرارت‌دهی است.

فلز مس پایداری به اکسایش روغن کنجد را نسبت به فلز روی بیشتر کاهش داده است. وجود ترکیبات فنلی و آنتی‌اکسیدانی در عصاره چای و روغن کنجد نسبت به نمونه شاهد تا حدی از شروع اکسیداسیون جلوگیری کرده است و توانسته تاثیر مهارکنندگی بیشتری نسبت به آهن بر دو فلز مس و روی داشته باشد. آنتی اکسیدان‌ها می‌تواند غلظت فلزات را که تسریع کننده پراکسیداسیون لیپید می‌باشند، با مهار تشکیل رادیکال‌های آزاد و صدمات ناشی از آنها کاهش دهد. در میان فلزات، آهن به دلیل فعالیت بالای خود به-عنوان یکی از مهم‌ترین پراکسیدان‌های اکسیدکننده چربی شناخته شده است (Tynek et al., 2012). وجود فلزات سنگین در روغن نه تنها برای سلامت مصرف‌کننده مضر است، بلکه با ایفای نقش کاتالیزوری در مرحله آغازین از واکنش‌های اکسایشی روغن، تشکیل رادیکال‌های آزاد را در آن تسریع می‌کند (Akbari-Adergani et al., 2015). به‌دلیل نوع پیوندهای متفاوتی که بین ترکیبات آنتی‌اکسیدانی عصاره چای سفید و ترکیبات فلزی متفاوت در روغن کنجد ایجاد شده است و پتانسیل اکسیداسیون و احیای متفاوت ترکیبات فلزی، تاثیر ترکیبات آنتی‌اکسیدانی عصاره چای سفید در روغن کنجد در مهار رادیکال‌های آزاد فلزی متفاوت بوده است. حضور فلزات در روغن‌های گیاهی به علت عوامل درون‌زا و برون‌زا است. عوامل درون‌زا در ارتباط با متابولیسم گیاه است. عوامل برون‌زا در ارتباط با آلودگی خاک، کوددهی، تکنیک‌های زراعی تولید، جمع‌آوری دانه‌ها در طول فرایندهای استخراج، رنگبری، تصفیه و بی‌بوکردن و یا با آلودگی تجهیزات فرآوری فلزی، مواد بسته‌بندی و ذخیره‌سازی می-باشد (Farzin and Moassesi, 2014).



شکل ۳- پروفایل رنسیمت نمونه‌های روغن کنجد حاوی عصاره چای و پراکسیدان‌های فلزی آهن، مس و روی

Fig. 3. Rank profile of sesame oil samples containing tea extract and metal peroxidants of iron, copper and zinc

آزمون در سه تکرار انجام شده است (r: نمونه روغن کنجد (شاهد)، rofe: روغن کنجد به همراه عصاره چای و آهن، rocu: روغن کنجد به همراه عصاره چای و مس، rozn: روغن کنجد به همراه عصاره چای و روی، ro: روغن کنجد به همراه عصاره چای، rBHT: روغن کنجد به همراه BHT).

The test was performed in three replications (r: sesame oil sample (control), rofe: sesame oil with tea and iron extract, rocu: sesame oil with tea and copper extract, rozn: esesam oil with tea and zinc extract, ro: sesame oil with tea extract, rBHT: sesame oil with BHT).

پایداری اکسیداتیو قابل توجه روغن کنجد به دلیل وجود مواد غیرصابونی‌شونده لیگنانی در آن است. ترکیبات قوی آنتی‌اکسیدانی در روغن دانه کنجد شامل سزامول، سزامولین (پیش‌ساز آنتی‌اکسیدانی)، سزامول، سزامینول و ایزومرهای آن، است. محققین

نشان داده‌اند که، از سزامولین تحت شـرایط بـدون آب و در حضور یک اسید به‌وسیله انتقال بین ملکولی، ســزامینول و ایزومرهــای مــرتبط بــا آن تشکیل می‌شوند. در طـی حرارت دادن و سرخ کردن در حضور رطوبـت، سـزامولین از طریـق پروتونـولیز بـه سزامول تجزیه می‌شود و یون اکسونیوم تشکیل مـی‌شـود و زمانی که طی حرارت دادن رطوبت از بین می‌رود، این ترکیـبات جهـت تشـکیل سزامینول و ایزومرهای مرتبط، در محل کربن شماره ۲ با پیوند کـربن–کـربن از طریق انتقال بین‌مولکـولی باند می‌شوند (Kochhar, 2000). کاتچین‌های مهم در چای سفید شامل اپی‌کاتچین، اپی‌گالوکاتچین، اپی‌کاتچین –۳ –گالات و اپی‌گالوکاتچین–۳ –گالات که گالات‌های فلاونول می‌باشند. غلظت این ترکیبات فنولی در چای سفید بیشتر از چای سبز است (Ortsater et al., 2012). افزایش غلظت ترکیبات فنلی به‌طور مستقیم میـزان توانایی عصاره‌های مختلف را در مهار رایکال‌های آزاد افزایش می دهد. توانــایی مهارکنندگی فنل‌ها به دلیل گروه‌های هیدروکسیل (OH) و گروه‌های قابل تعویض متوکسی (OCH3) در مولکـول‌ها اسـت. ترکیبات فنولیک قادرند تا یک اتم هیدروژن به رادیکال‌های آزاد بدهند و بدین ترتیب باعث توقف پیشروی واکنش زنجیری در طی فرآیند اکسیداسیون چربی شوند (Cai et al., 2006).

Amini و همکاران (۲۰۱۵) به ارزیابی اثر آنتی‌اکسیدانی گیاه مرزه بر روغن کلزا و ماهی پرداختند، نتایج آزمون رنسیمت این تحقیق نشان داد افزودن اسانس مرزه به روغن کلزا و ماهی باعث کاهش سرعت اکسیداسیون و افزایش زمان دوره القا می‌شود (Amini et al., 2015). Safari و همکاران (۲۰۱۶) به ارزیابی اثر آنتی اکسیدانی عصاره کنجاله روغن‌کشی شده کنجد جهت پایدارسازی روغن‌های خوراکی پرداختند. روند تغییرات طول دوره القاء در تیمارها به‌طور معنی‌داری کاهش یافت (p<۰/۰۱) به‌طوری که بعد از گذشت ۴۸ ساعت بیشترین طول دوره القاء مربوط به تیمار اسید گالیک (۵ ساعت و ۳۰ دقیقه) و سپس تیمار عصاره ۵۰ پی‌پی‌ام (۳ ساعت و ۵۰ دقیقه) و بعد از آن شاهد (۳ ساعت و ۳۰ دقیقه) بود. نتایج نشان داد که عصاره متانولی کنجاله کنجد در غلظت‌های پایین‌تر اثر محافظت کنندگی بیشتری در روغن سویا داشت. با افزایش زمان اسیدهای چرب به پراکسیدها و پراکسیدها به ترکیبات ثانویه اکسیداسیون تبدیل می‌شوند. آنتی‌اکسیدان‌ها تاثیر بازدارنده بر روی افزایش اندیس اسیدی در طی زمان دارند، زیرا مکانیسم عمل به دلیل ساختمان شیمیایی آنها، بیشتر از طریق احیاء رادیکالهای آزاد می‌باشد. با افزایش زمان آنتی‌اکسیدان‌ها کارآیی خود را از دست می‌دهند و نقشی در جلوگیری از هیدرولیز اسیدهای چرب نخواهند داشت (Safari et al., 2016). نتایج مشابهی در پژوهش حاضر به‌دلیل استفاده از عصاره چای سفید نسبت به نمونه شاهد گزارش شده است. کارآیی آنتی-اکسیدان‌ها برای جلوگیری از کسیداسیون چربی به مقاومت حرارتی آنها و دوره القای آنها در محیط بستگی دارد که تا چه مدت زمانی بتواند ۹۰ درصد کارآیی خود را حفظ کند. با افزایش دما و حضور پراکسیدان‌های فلزی دوره القا به صورت لگاریتمی کاهش می‌یابد (Abou-Gharbia et al., 2000).

پروفایل اسیدهای چرب

تاثیر پراکسیدان‌های فلزی بر پروفایل اسیدهای چرب با استفاده از شاخص (Se) پلی–ان که معیاری از میزان غیراشباعیت است، مورد بررسی قرار گرفت. نتایج بررسی پروفایل اسیدهای چرب (جدول ۳) نشان می‌دهد که اسیدهای چرب پالمیتیک، استئاریک، اولئیک، لینولئیک و لینولنیک، اسیدهای چرب اصلی روغن کنجد می‌باشند. در تمامی نمونه‌ها تفاوت معنی‌داری در سطح ۱ درصد بین اسیدهای چرب تعیین گردید. اسید چرب اولئیک مقاوم در برابر اکسیداسیون نسبت به سایر اسیدهای چرب غیراشباع است و بیشترین مقدار آن در نمونه روغن کنجد به همراه BHT تعیین گردید. اسید چرب لینولئیک بیشترین مقدار را بین اسیدهای چرب به‌خود اختصاص داد و بیشترین مقدار آن در نمونه روغن کنجد به همراه BHT و نمونه روغن کنجد به همراه عصاره چای تعیین گردید. اسید چرب لینولنیک کمترین مقدار را بین اسیدهای چرب به‌خود اختصاص داد و بیشترین مقدار آن در نمونه روغن کنجد (شاهد) گزارش شد. رایج‌ترین اسیدچرب اشباع در روغن گیاهی و حیوانی پالمیتیک اسید می‌باشد و بیشترین مقدار آن در نمونه روغن کنجد (شاهد) گزارش شد. بیشترین مقدار اسید استئاریک در نمونه روغن کنجد به همراه آهن تعیین گردید. در میان اسیدهای چرب تک غیراشباعی، اولئیک اسید عمده‌ترین اسیدچرب در روغن‌های گیاهی و حیوانی می‌باشد. لینولئیک اسید و آلفالینولنیک اسید به‌عنوان اسیدهای چرب ضروری شناخته می‌شوند و از اهمیت بالایی در رژیم غذایی برخوردار هستند، زیرا این اسیدهای چرب توسط بدن سنتز نمی‌شوند و بایستی از طریق رژیم غذایی تامین شوند. در بررسی پروفایل اسیدهای چرب و بررسی اثر اکسیداسیون روی نمونه‌ها، اسیدهای چرب با سه پیوند دوگانه و بیشتر، تاثیرپذیرترین ترکیبات در برابر اکسیداسیون می‌باشند. کیفیت، پایداری اکسایشی، ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و ارزش‌های تغذیه‌ای روغن استخراجی با بررسی ساختار اسیدهای چرب تشکیل‌دهنده تری گلیسیریدها امکان‌پذیر است. از شاخص‌های MUFA (شاخص اولئیک اسید، اسید چرب تک غیراشباع)، PUFA (شاخص اسید لینولئیک، اسید چرب چند غیراشباع)، SFA (شاخص پالمیتیک اسید، اسید چرب اشباع)، برای ارزیابی کامل اسیدهای چرب تشکیل‌دهنده

یک نوع روغن استفاده می‌شود. درصد ایده‌آل پایداری روغن و تمایل روغن به واکنش‌های اکسایشی با استفاده از شاخص پلی–ان که معیاری از میزان غیراشباعیت (Se= PUFA/ SFA) است، برآورد می‌شود. اکسیداسیون در دمای پایین منجر به تولید هیدروپراکسیدها می‌شود، ترکیبات غیراشباع کاهش نمی‌یابد و اسید اولئیک حفظ و افزایش می‌یابد. اکسیداسیون در دمای بالا باعث اشباع شدن پیوندهای دوگانه می‌شود و اسید پالمیتیک و اسید لینولئیک حفظ و افزایش می‌یابد (Molodi et al., 2016).

نتایج حاصل از اندازه‌گیری اسیدهای چرب پالمیتیک، استئاریک، اولئیک، لینولئیک و لینولنیک تفاوت معنی‌داری را در نمونه‌های مورد مطالعه نسبت به یکدیگر و در مقایسه با نمونه شاهد نشان داد (جدول ۳). تفاوت معنی‌داری در سطح ۱ درصد در مقایسه شاخص Se در نمونه‌ها تعیین گردید که مشابه روند پایداری اکسایشی حاصل از رنسیمت است. پایین‌ترین مقدار شاخص Se در نمونه حاوی آهن و بالاترین مقدار در نمونه حاویBHT تعیین شد. نمونه‌های حاوی پراکسیدان‌های فلزی شاخص Se پایین‌تری نسبت به سایر نمونه‌ها داشتند. افزودن آهن باعث افزایش سرعت اکسیداسیون شده و میزان اسید چرب لینولنیک را نسبت به سایر نمونه‌ها کاهش داده است. سرعت اکسیداسیون اسیدهای چرب آزاد بیشتر از اسیدهای چرب موجود در ساختار تری گلیسیریدها است. در طی تولید روغن کنجد با استفاده از پرس سرد میزان اسیدهای چرب آزاد نسبت به روش صنعتی بیشتر است ولی در روش صنعتی به‌دلیل مراحل تصفیه و بوگیری آنتی‌اکسیدان‌های طبیعی از بین می‌روند و اضافه‌کردن آنتی اکسیدان‌های سنتزی نیز این کمبود را پایداری روغن نمی‌تواند جبران کند. در حالی که در روغن کنجد تولیدی به‌وسیله پرس سرد پوست دانه که حاوی آنتی‌اکسیدان‌های طبیعی (گاما–توکوفرول) است، حفظ می‌شود و پایداری اکسایشی روغن افزایش می‌یابد (Molodi et al., 2016). Dini Torkamani و همکاران (۲۰۰۷) به بررسی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی مهم دانه در ده رقم کنجد پرداختند. نتایج این تحقیق نشان داد که میانگین ترکیب پنج اسیدچرب مهم شامل پالمیتیک، استئاریک، اولئیک، لینولئیک و لینولنیک به‌ترتیب به میزان ۸/۹۹، ۵/۹۸، ۴۴/۴۷، ۳۹/۶۹ و ۰/۸۷ درصد می‌باشد (Dini Torkamani and Karaptyan, 2007). Gouveia و همکاران (۲۰۱۷) در مطالعه‌ای که بر پروفایل اسید چرب در روغن کنجد داشته‌اند بالاترین درصد از پروفایل اسید چرب را برای اسید لینولئیک (۴۷/۶۲ درصد)،اسید اولئیک (۳۵/۳۲ درصد) و اسید پالمیتیک (۱۱/۴۹درصد) گزارش کرده‌اند. شهرت روغن کنجد بدلیل مقدار بالای اسید لینولئیک است و پایداری بالای روغن کنجد به‌دلیل حضور ترکیبات آنتی‌اکسیدان در برابر اکسیداسیون و حفظ اسیدهای چرب ضروری مانند اسید لینولئیک می‌باشد (Gouveia et al., 2017).

جدول ۳ – پروفایل اسیدهای چرب آزاد نمونه‌های روغن کنجد حاوی عصاره چای و پراکسیدان‌های فلزی آهن، مس و روی

Table 3- Free fatty acid profiles of sesame oil samples containing tea extract and metal peroxidants of iron, copper and zinc

rBHT	ro	roZn	roCu	roFe	r	Fatty Acid اسید چرب
0.001± 11.9 ᵃ	13.22±0.000ᵇ	13.56± 0.005 ᶜ	14.70±0.005ᵈ	14.99±0.000ᵉ	15.20 ±0.000ᶠ	C16:0
2.11± 0.002 ᵃ	1.09 ±0.001ᵇ	2.06± 0.000 ᶜ	3.50± 0.001ᵈ	3.42 ±0.000 ᵉ	2.47 ±0.002ᶠ	C18:0
42.04± 0.000 ᵃ	41.18± 0.005ᵇ	41.34± 0.000 ᶜ	40.05± 0.001ᵈ	40.08 ±0.005ᵉ	38.92 ±0.005ᶠ	C18:1
44.43± 0.001 ᵃ	43.95±0.005ᵇ	42.45± 0.005 ᶜ	40.63± 0.001ᵈ	41.21 ±0.005ᵉ	42.70 ±0.000ᶠ	C18:2
0.23± 0.001 ᵃ	0.56±0.000ᵇ	0.59± 0.000 ᶜ	0.12±0.000ᵈ	0.30 ±0.005ᵉ	0.70 ±0.000ᶠ	C18:3
3.970± 0.002 ᵃ	3.324± 0.005ᵇ	3.130±0.000ᵇᶜ	2.831±0.000ᵈ	2.749 ±0.002ᵉ	2.809 ±0.000ᶠ	Se index شاخصSe

حروف متفاوت، تفاوت معنی‌داری در سطح ۱٪ را نشان می‌دهد. آزمون در سه تکرار انجام شده است (r: نمونه روغن کنجد (شاهد)، rofe: روغن کنجد به همراه عصاره چای و آهن، rocu: روغن کنجد به همراه عصاره چای و مس، rozn: روغن کنجد به همراه عصاره چای و روی، ro: روغن کنجد به همراه عصاره چای، rBHT: روغن کنجد به همراه BHT). اسید پالمیتیک (C16:0)، اسید استئاریک (C18:0)، اسید اولئیک (C18:1)، اسید لینولئیک (C18:2)، اسید لینولنیک (C18:3).

Different letters show a significant difference at the 1% level. The test was performed in three replications (r: sesame oil sample (control), rofe: sesame oil with tea and iron extract, rocu: sesame oil with tea and copper extract, rozn: sesame oil with tea and zinc extract, ro: sesame oil with tea extract, rBHT: sesame oil with BHT). Palmitic acid (C16: 0), stearic acid (C18: 0), oleic acid (C18: 1), linoleic acid (C18: 2), linolenic acid (C18: 3).

نتیجه‌گیری

روغن کنجد با اضافه کردن آنتی‌اکسیدان طبیعی چای سفید پایداری اکسایشی بالاتری نسبت به نمونه روغن کنجد بدون آنتی اکسیدان نشان داد. که به‌دلیل حضور ترکیبات فنلی در چای سفید و اثرات سینرژیستی با ترکیبات آنتی‌اکسیدان طبیعی در روغن کنجد است. روغن کنجد حاصل از پرس سرد به‌دلیل باقی ماندن پوست دانه

که حاوی آنتی‌اکسیدان‌های طبیعی (گاما-توکوفرول) است، پایداری اکسایشی روغن بالاتری نسبت به سایر روش‌های صنعتی تولید روغن کنجد دارد. ظرفیت آنتی‌اکسیدانی و قدرت احیاکنندگی در نمونه‌های روغن کنجد حاوی پراکسیدان‌های فلزی نسبت به سایر نمونه‌ها کمترین میزان را داشت. حضور پراکسیدان‌های فلزی به‌ویژه آهن باعث کاهش تاثیرات آنتی‌اکسیدان‌های طبیعی چای سفید و روغن کنجد و کاهش پایداری اکسایشی روغن کنجد شده است. پراکسیدان‌های فلزی به‌ویژه آهن با تشکیل رادیکال‌های آزاد باعث کاهش اسیدهای چرب روغن کنجد بویژه اسید لینولنیک شده است. نتایج شاخص پلی-ان تاییدی بر نتایج رنسمیت بود. روغن کنجد مورد مطالعه در دمای ۱۱۰ درجه سانتی‌گراد پایداری کمتر از ۱۲ ساعت را دارا بود. بنابراین برای حرارت‌دهی و سرخ‌کردن مناسب نیست ولی در فرمولاسیون سس‌های سالاد می‌تواند کاربرد داشته باشد.

منابع

1. Abdel-Razek, A. G., El-Shami, S. M., El-Mallah, M. H., Hassanien, M., Mahmoud, M. (2011). Blending of Virgin Olive Oil With Less Stable Edible Oils to Strengthen Their Antioxidative Potencies. *Australian journal basic and applied sciences*, 5(10): 312-318.
2. Abou-Gharbia, H. A., Shehata, A. A., Shahidi, F. (2000). Effect of processing on oidative stability and lipid classes of sesame oil. *Food rsearch international*, 33: 331-340. https://doi.org/10.1016/S0963-9969(00)00052-1
3. Akbari-Adergani, B., Ezeddin, M., Hashemi Mogaddam, H., Shoeibi, S. (2015). Effect of production process on concentration of lead and arsenic in sunflower oil. *Journal of Mazandaran university of medical sciences*, 25(127): 38-41.
4. Amini, B., Keramat, J., Hojateslami, M., Jahadi, M., Mahmodiyan, K. (2015). Evaluation of antioxidant effects of safflower in rapeseed oil and kilka fish oil. *Food technology and nutrition*, 12(3): 29-38.
5. AOCS. (2009). Official methods and recommended practices of the American oil chemists’ society (5th ed.). Champaign, Il, USA: AOCS Press.
6. Ayadi, M. A., Grati-Kanmoun, N., Attia, H. (2009). Physico-chemical changes and heat stability of extra virgin olive oils flavoured by selected Tunisian aromatic plants. *Food and chemical toxicology*, 47(10): 2613-2619. https://doi.org/10.1016/j.fct.2009.07.024
7. Benedet, J. A., Shibamoto, T. (2008). Role of transition metals, Fe(II), Cr(II), Pb(II), and Cd(II) in Lipid Peroxidation. *Food chemistry*, 107: 165-168. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.07.076
8. Bensmira, M., Jiang, B., Nsabimana, C., Jian, T. (2007). Effect of lavender and thyme incorporation in sunflower seed oil on its resistance to frying temperatures. *Food research international*, 40: 341-346. https://doi.org/10.1016/j.foodres.2006.10.004
9. Burits, M., Bucar, F. (2000). Antioxidant activity of *Nigella sativa* essential oil. *Phytotheraphy research*, 4: 323-328. https://doi.org/10.1002/1099-1573(200008)14:5<323::AID-PTR621>3.0.CO;2-Q
10. Cai, Y. Z., Sun, M., Xing, J., Luo, Q., Corke, H. (2006). Structure-radical scavenging activity relationships of phenolic compounds from traditional Chinese medicinal plants. *Life Science*, 78: 2872-2888. https://doi.org/10.1016/j.lfs.2005.11.004
11. Codex Alimentarius. (2005). Codex Standard for Named Vegetable Oils: Codex Stan 210 (Amended 2005), pp. 13.
12. Dini Torkamani, M. R., Karaptyan, ZH. (2007). Investigation of important physical and chemical properties of grain in ten sesame cultivars. *Journal of biology of Iran*, 20(4): 327-333.
13. Farhoosh, R., Hoseini-Yazdi, S-Z. (2014). Evolution of oxidative values during kinetic studies on olive oil oxidation in the Rancimat test. *Journal of the American oil chemists' society*, 91(2): 281-293. https://doi.org/10.1007/s11746-013-2368-z
14. Farhoosh, R., Moosavi, S. M. R. (2007). Rancimat test for the assessment of used frying oils quality. *Journal of food lipids*, 14(3): 263-271. https://doi.org/10.1111/j.1745-4522.2007.00084.x
15. Farmani, J., Tirgarian, B., Razmpour, M. (2019). Evaluation of physicochemical properties of sesame oil from local extraction stores of Mazandaran province. *Food science and technology*, 15(84): 175-187. [In Persian].
16. Farzin, L., Moassesi, M. E. (2014). Determination of metal contents in edible vegetable oils produced in Iran using microwave-assisted acid digestion. *Journal of applied chemical research*, 8(3): 35-43.
17. Fazel, M., Sahari, M. A., Barzegar, M. (2009). Comparison of tea and sesame seed oils as two natural antioxidants in a fish oil model system by radical scavenging activity. *International journal of food science and nutrition*, 60: 567-576. https://doi.org/10.3109/09637480801987625
18. Ghasemi Pirbalouti A, Hossayni I., Shirmardi, H. A. (2013). Essential oil variation, antioxidant and antibacterial activity of mountainfennel [Zaravschanicamembranacea (Boiss.) M. Pimen]. *Journal of Industrial Crops and Products*, 50: 443-448. https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2013.07.053

19. Golluce, M., Sahin, F., Sokmen, M., Ozer, H., Daferera, D., Sokmen, A., Polissiou, M., Adiguzel, A., Ozken, H. (2007). Antimicrobial and antioxidant properties of the essential oils and methanol exteract from *Mentha longifolia* L.ssp. longifolia. *Food Chemistry*, 103: 1449 - 56. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2006.10.061
20. Gouveia, L., Zago, L., Moreira, A. (2017). Physical-chemical characterization and nutritional quality of sesame oil (*Sesamum indicum* L.). *Journal of nutritional health and food science*, 5(3): 1-7.
21. Hajiaghaalipour, F., Kanthimathi, M.S., Sanusi, J., Rajarajeswaran, J. (2014). *Food chemistry*, 169: 401-1.
22. Hraš, A. R., Hadolin, M., Knez, Z., Bauman, D. (2000). Comparison of antioxidative and synergistic effects of rosemary extract with α-tocopherol, ascorbyl palmitate and citric acid in sunflower oil. *Food chemistry*, 71: 229-233. https://doi.org/10.1016/S0308-8146(00)00161-8
23. Huang, D., Ou, B., Prior, R. L. (2005). The chemistry behind antioxidant capacity assays. Journal of agriculture food chemistry, 53(6): 1841-1856. https://doi.org/10.1021/jf030723c
24. INSO, 13392. (2015). Edible cold pressed oils– Specifications & Test methods. (Iranian National Standardization Organization. 1st. Revision, 2015).
25. Institute of standard and industrial research of Iran. 2004. Edible oils and fats- mixed liquid oils- test method. No. 5950. P: 1-9.
26. Iso 5509. 1978. Animal and vegetable fats and oils– preparation of methyl esters of fatty acids.
27. Kochhar, S. P. (2000). Stabilisation of frying oils with natural antioxidative components. *European journal of lipid science and technology*, 102(8-9): 552-559. https://doi.org/10.1002/1438-9312(200009)102:8/9<552::AID-EJLT552>3.0.CO;2-V
28. Kumar, M., Gupta, V., Kumari, P., Reddy, C. R. K., Jha, B. (2011). Assessment of nutrient composition and antioxidant potential of Caulerpaceae seaweeds. *Journal of food composition and analysis*, 24(2): 270-278. https://doi.org/10.1016/j.jfca.2010.07.007
29. Mai, J., Chambers, L. J. (1990). Process for inhibiting liquid oxidation in food. US Patent No. 4891231.
30. Mathew, S., Abraham, T. A. (2006). In vitro antioxidant activity and scavenging effects of *Cinnamomum verum* leaf extract assayed by different methodologies. *Food and chemical toxicology*, 44:198-206. https://doi.org/10.1016/j.fct.2005.06.013
31. Mimica-Dukić, N., Bozin, B., Soković, M., Mihajlović, B. Matavulj, M. (2003). Antimicrobial and antioxidant activities of three *Mentha* species essential oils. *Planta medica*, 69: 413-419. DOI: 10.1055/s-2003-39704
32. Mirzaei, A., Mohammadi, J., Mirzaei, N., Mirzaei, M. (2011). The Antioxidant capacities and total phenolic contents of some medicinal plants in Iran. *Journal of Fasa University of medical sciences*, 1(3): 160-167.
33. Molodi, F., Ghajar Bigi, p., Haj Hoseini Babaei, A., Mohamadpor Aasl, A. (2016). Evaluation of chemical and oxidative properties of imported extra virgin olive oils. *Journal of food science and nutrition*, 12(4): 27-34.
34. Mukhtar, H., Ahmad, N. (1999). Cancer chemo prevention future holds in multiple agents. *Toxicology and applied pharmacology*, 158(3): 207-210. https://doi.org/10.1006/taap.1999.8721
35. Müller, H., Kirkhus, B., Pedersen, J. I. (2001). Serum cholesterol predictive equations with special emphasis on trans and saturated fatty acids. An analysis from designed controlled studies. *Lipids*, 36(8): 783-791. https://doi.org/10.1007/s11745-001-0785-6
36. Naseri, F. (1996). Oil seeds. Mashhad Publications, Astan Quds Razavi.
37. Nazari, Z., Gharachorlo, M., Elhamirad, A. H. (2017). Investigating the chelating effect of black tea. *Food technology and nutrition*, 14(4): 113-121.
38. Noël, T., Roger, P., Bernard, T., Djikeng, F. T., Azmeera, T., Karuna, M. S. L., Prasad, R. B. N., Womeni, H. M. (2017). Effects of boiling and roasting on proximate composition, lipid oxidation, fatty acid profile and mineral content of two sesame varieties commercialized and consumed in Far-North Region of Cameroon. *Food chemistry*, 15(221): 1308-1316. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.11.025
39. Ogbonna, P.E., Ukaan, S.I. (2013). Chemical composition and oil quality of seeds of sesame accessions grown in the Nsukka plains of South Eastern Nigeria. African journal of agricultural research. 8(9): 797–803.
40. Ortsater, H., Grankvist, N., Wolfram, S., Kuehn, N., Sjoholm, A. (2012). Diet supplementation with green tea extract Epigallocatechin gallate prevents progression to glucoseintolerance in Mice. *Nutrition and metabolism*, 9: 11-5. https://doi.org/10.1186/1743-7075-9-11
41. Rohadi R., Lelita, D. I., Putri, A. S. (2019). Antioxidant Capacity of White Tea (Camelia Sinensis) Extract: Compared to Green, Oolong and Black Tea. International Conference on Food Science & Technology, IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 292 (2019) 012018, IOP Publishing, doi:10.1088/1755-1315/292/1/012018.
42. Safari, R., Elhami Rad, A. H., Atay Salehi, E. (2016). Evaluation of the antioxidant effect of oily sesame meal extract for stabilization Edible oils. *Innovation in food science and technology*, 8(3):33-44.

43. Shariatifar, N., Kamkar, A., Shams Ardekani, M. R., Misaghi, A., Jamshidi, A. H., Khaniki, Gh. R. (2012). Quantitative and qualitative study of phenolic compounds and antioxidant activity of plant Pulicaria Gnaphalodes. Ofegh -e- danesh journal of Gonabad University of medical sciences. 18(1): 35-41.
44. Sjovall, O., Virtalaine, T., Lapvetelainen, A., Kallio, H. (2000). Development of rancidity in wheat germ analyzed by headspace gas chromatography and sensory analysis. *Journal of agricultural and food chemistry*, 48(8): 3522-3527. https://doi.org/10.1021/jf981309t
45. Solimanian, SH., Sadeghi Mahonak, A. R., Alami, M., Ghorbani, M. (2015). Evaluation of total phenolic, flavonoid, anthocyanin compounds and antibacterial and antioxidant activity of Estonian of Valik fruit extract. *Journal of Rafsanjan University of medical sciences*, 13: 53-66.
46. Tynek, M., Pawłowicz, R., Gromadzka, J., Tylingo, R., Wardencki, W., Karlovits, G. (2012). Virgin rapeseed oils obtained from different rape varieties by cold pressed method–their characteristics, properties, and differences. *European journal of lipid science and technology*, 114(3): 357-366. https://doi.org/10.1002/ejlt.201100296
47. Vinson, J., Dabbagh, Y., Serry, M., Jang, J. (1995). Plant flavonoids especially tea flavonols are powerful antioxidants using an in vitro oxidation model for heart disease. *Journal of agricultural and food chemistry*, 43: 28-32. https://doi.org/10.1021/jf00059a005
48. Wanasundara, P. K., Shahidi, F. (2005). Antioxidants: science, technology, and application. In Bailey,s industrial oil and fat products. Shahidi, F. (Eds). John Wiley and Sons, Inc. New Jersey.
49. Widyasanti A., Marpaung, D. S. S., Nurjanah, S. (2016). Activitas antijamur ekstrak teh putih (*Camelia sinensis*) terhadap jamur *Candida albicans* (Antifungal activity of white tea extract to candid, *Journal Teknotan* , 10 (2): 7-15.
50. Yaşar, S. B., Baran, E. K., Alkan, M. (2012). Metal Determinations in olive oil. In agricultural and biological sciences: olive oil– constituents, quality, *Health properties and bioconversions*, 89-108.